# 生物性農業資材開發與利用之方向

簡宣裕[1] 高穗生[2] 張明暉[1] 劉禎祺[1]

1. 行政院農業委員會農業試驗所
2. 行政院農業委員會農業藥物與毒物試驗所

## 摘　要

目前生物性農業資材之開發與利用，大致而言可有下列之四個大方向。一、配方有機質肥料與有機液肥之開發與利用：一般堆肥及有機質肥料之三要素濃度的比例，不能符合作物生長最適合的需求，且肥效反應較慢，故開發配方有機質肥料與有機液肥，應用于有機農業栽培，是有必要性與實用性。二、多功能生物性肥料與複合功能生物性有機質肥料之開發與利用：化學肥料製造過程需要耗費大量能源與礦源，而石油能源與礦是珍貴與有限的，故各國正推動減少或取代化學肥料之施用，而開發微生物肥料菌株與有機質肥料複合之多功能肥料，施用於增進作物生長與品質，既省工又省時，可顯著減少化學肥料施用量。三、生物性農藥與天敵之開發與利用：化學農藥對生物與生態的殺傷與破壞力是非常強的，所以如何減少化學農藥施用，開發並利用生物性農藥劑，以防治作物病蟲害，是目前研發的重點之一。四、生物性可分解塑膠之開發與利用：傳統塑膠材料雖有輕便、耐用及價格低等優點，但塑膠性質太穩定不易分解，累積之後，對農業環境會造成嚴重之污染，且導致農田生產力降低，目前生物可分解塑膠取代傳統塑膠的國內潛在市場有很大的需求性，故以生物技術開發生物分解性塑膠是值得發展的方向。

## 前　言

因為醫藥發達與生活水準提高，人的平均壽命大幅增長，世界人口愈來愈多，為了滿足全球人類對糧食的迫切需求，農業研究人員努力育成新品種及開發新的生產技術，以提高作物的產量，經由近幾十年作物生產技術的增進與農業資材的充分利用，使單位面積的產量大幅增加，糧食產量顯著增加，但至目前為止所使用之農業資材絕大部份是不可再生性的，對環境污染、自然資源之消耗及生態造成負面的衝擊與破壞。因此，利用生物技術開發生物性農業資材並應用於農業生產是有其迫切的需要性。

## 配方有機質肥料與有機液肥之開發與利用

於作物生長過程若能提供合適比例的對養分，則可顯著增加作物生長勢，提昇農產品品質與產量。堆肥與有機質肥料之氮、磷及鉀濃度的比例，往往不能符合作物生長最適合的營養需求，例如未經適當調整之菇類廢棄物堆肥做為栽培介質時，對作物有不利現象，會降低番茄、小白菜的發芽率與幼苗生長，以及使玫瑰苗葉片發生黃白化現象。作物在營養生長期及開花與結果生殖生長期時，皆需要合適三要素比例的養分供給，才能顯著增進作物之品質與產量；例如作物在生殖生長期時，應適度減低氮肥而提高磷肥與鉀肥的供給，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對開花不利，故開發配方有機質肥料以滿足作物生長之需求是極需開發的研究工作。

作物進行有機農耕時，是必需施用有機質肥料，但有機質肥料屬於緩效性肥料，施於土壤中需經礦化分解過程始可釋出作物所需養分，其分解速率除與有機質肥料本身性質有關外，尚受到土壤及氣候環境、耕作制度等所影響，故有機質肥料即時供應作物養分的能力，明顯不如化學肥料。而有機液肥有幾個特性，為一、有機液肥較一般有機質肥料的肥效快速：大部分有機質肥料雖具改良與增進土壤物理性及化學性功能，但是有效性養分含量及經礦化作用釋出養分之速率皆遠比速效性化學肥料低，是以較緩慢速度釋出養分供作物吸收利用，往往第一年的肥效只釋放出 50 – 60 % 的養分；而有機液肥之肥效較一般有機質肥料的肥效反應快，其效果與化學肥料者相近，施用後可以快速且幾近於把全部養分的肥效反應出來。二、當做追肥，可補充滿足作物各生長階段養分的需求：雖然有機質肥料的種類很多，有來自動物排泄物、農產廢棄物經發酵穩定化之堆肥，農產加工副產品肥料如大豆粕、菜仔粕、花生粕、芝麻粕及茶實粕等油粕類有機質肥料，但這些有機質肥料的養分含量及三要素養分之間比例，皆有顯著的不同處，於作物進行有機栽培過程時，經常會因養分供應的不平衡，不能滿足作物生長時養分平衡之需求，而會有某種要素過多或缺乏的症狀產生，若此時適當的補充供應作物特定配方之液肥，則可快速有效的解決養分上的問題。三、有機液肥有病害防治的功效：因有機液肥成份中包括一些化學性的拮抗物質如酚類和氨基酸等 (Trankner,1992) ，或者一些的代謝產物與抗生素，是具有生物抑制活性的功能，故有機液肥是美國農部新近推介給有機栽培農民使用的生物性農業資材，用以促進作物生長與降低作物葉部病害；通常有機液肥減低作物病害的發生，是經藉由抑制病菌孢子發芽、誘發寄主抗性、和寄主的拮抗與競爭作用及產生化學抑制劑的機制而達成。因此，若作物於栽培生長過程中，因養分不平衡出現缺氮、

缺磷或缺鉀等症狀時，或者針對作物品質之需求，例如要使葉菜類肥美、果實大小與甜度增加及花卉花型較大與鮮艷時，則可分別選用特定配方比例之有機液肥，配合適時的施用，就能快速補足與平衡作物於有機栽培時養分的不足與不平衡，以達到有機栽培作物品質的維持與提昇。

故開發配方有機質肥料與有機液肥，以滿足作物生長所需的養分狀態，應用于有機農業栽培，生產出健康、安全且高品質的農產品是兼具必要性與實用性。

## 多功能生物性肥料與複合功能生物性有機質肥料之開發與利用

世界先進國家及臺灣許多農地已有普遍性過量施用化學肥料的問題。化學肥料製造過程需要耗費大量能源，而石油能源是珍貴與有限的資源，故國內及國外各已開發國家正推動 「合理化施肥」與「有機農業」 ，以堆肥或有機質肥料來減少或取代化學肥料之施用。為達到減少化學肥料施用之最有效方法是利用適量之微生物肥料及有機質肥料，以促進作物對土壤養分吸收。如此，對農地之永續經營及環境生態保育有甚大助益。

但目前市面上微生物肥料與有機質肥料之產品是各別販售，在施肥上需分別使用，費工費時。因此，創新開發微生物肥料菌株與有機質肥料複合之多功能農業資材，合併施用於增進作物生長與品質，既省工又省時，且可顯著降低農業生產成本。有益微生物，如 *Azotobacter* sp. 、*Azospirillum* sp. 、 *Pseudomonas* sp. 及 *Bacillus* sp. 等可以釋出促進植物生長物質及作物生長需要的養分，分泌有機酸與磷酸酵素溶解或降解土壤中難溶無機磷化合物及有機磷化合物，及固定空氣中氮素。一般堆肥或有機質肥料的養分釋放速率較緩慢，肥效遠不如化學肥料，且堆肥中有益微生物的族群數很少。故研製出含豐富有益微生物族群之複合有機質肥料，增進其肥效及兼具生物防治效果，應用于增進作物生長及增加土地生產力，有利於環境保護及農業永續經營。

## 生物性農藥與天敵之開發與利用

化學農藥對生物與生態的殺傷與破壞力是非常強的，故減少化學農藥施用，開發並利用生物性農藥劑，如生物性殺細菌劑與殺真菌劑、防治線蟲之微生物治劑、防治害蟲之天敵及生物性殺草劑等，做為農業生產所需的資材，是目前全世界的研發重點之一。生物性農藥與天敵的開發與利用有下列幾種：

一、防治線蟲之生物性製劑：

線蟲是危害作物的主要病原體之一，例如松材線蟲、根瘤線蟲、包囊線蟲、葉莖線蟲及穿孔線蟲等。屬於擔子菌類的皮菌 (*Aphyllophorales. Coticiaceae*, *Hyphderma* spp.)，能將其冠囊體 (stephanocyst) 附著、寄生在松材線蟲、水稻白葉尖病線蟲、草莓葉芽線蟲上。而有些 *Hyphoderma* 其菌絲體常含有一些有毒物質或抑制化合物，當被被松材線蟲攝食之後，松材線蟲會麻痺而被毒殺，菌絲體再進入松材線蟲體內，破壞其組織器官，吸收其養。目前這些真菌可以用人工大量繁衍。此外臺灣專有的內部寄生性真菌 *Esteya vermicola* ，能寄生於松材線蟲體，可以以用來防治黑松琉球松或五葉松、二葉松之松材線蟲。 放射線菌 *Pasteuria* 是臺灣線蟲之天敵，是絕對寄生於芋頭、荖花、苦瓜等作物根域之根瘤線蟲，寄主對象是專一性的，可以耐受各種惡劣環境之壓力，不過目前只能用寄主繁殖，將來若能以人工培養則有利於生物防治製劑的開發。

二、防治昆蟲製劑：

（一）病毒防治昆蟲製劑

許多病毒可以感染昆蟲，其中是以桿狀病毒 （*Baculovirus*） 最具有生物防治的可能性。防治昆蟲之病毒大致可以分為核多角體病毒 （nucler polyhedron virus, NPV） 與顆粒體病毒 （granulosis virus,GV） ，核多角病毒有內涵體 （inclusion body） ，內涵體內有含蛋白質與病毒之顆粒。當昆蟲攝食內涵體或 GV 之病毒顆粒後,內涵體內的蛋白質被昆蟲腸液的強鹼活化，而分解釋出病毒顆粒，病毒顆粒的外膜與昆蟲腸細胞膜融合，而得以進入胞內，然後去鞘，病毒顆粒的核酸進入昆蟲腸細胞核內，增殖病毒顆粒，並進行細胞間感染，但病毒寄主的對象範圍太小，讓昆蟲致死的時間要 5-14天或以上，且病毒顆粒容易受到紫外線破壞。如果利用基因工程之方法，將 ecdysteroid UDP-glycosyl transferase 基因 、 Diuretic hormone e基因、 Tox-34 （蟎毒基因） 、 Asl t （蝎毒基因） 、蘇力菌 delta-endotoxin 基因等加以改變或修飾，然後插入 （insertion） 此類病毒之基因體內，則可能提高殺死昆蟲的能力與擴大寄主的範圍、以及增加抗紫外線的能力。

（二）防治昆蟲之細菌性菌劑

此類菌劑之研究以會產生內生胞子之桿菌屬 （*Bacillus*） 為最多，例如 *Bacillus thuringiensis* （蘇力菌） 、*B. popilliae*、*B. sphaericus*、*B. lentinorhus* 以及 *Pasteuria penetrans* 與 *Pseudomonas flurorescens* 等，目前蘇力菌廣泛應用於防治甜菜夜蛾、擬尺蠖；埃及斑蚊、家蚊等。

（三）防治昆蟲之真菌性菌劑

如 *schersonia* 可以防治介殼蟲、粉蝨，*Beauveria* 防治種科羅拉多甲蟲、松毛蟲、歐洲玉米螟；利用 *Hirsutela* 防治柑桔銹蜱；利用*Verticillium* 防治蚊白蝶、小菜蛾、薊馬、蚜蟲等。黑殭菌能防治可口椰子之紅胸葉蟲。許多蟲生真菌，如白殭菌或黑殭菌，也會產生毒素如 Beuericin 或 Destruxin 此等皆可液態發酵量產用於殺蟲，效果是不錯。

三、防治細菌與真菌之製劑：

枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 可以用來防治茄科植物的青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum*)，*B. megaterium* 菌體或菌體濾液能使病原真菌立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani* Kuhn AG4) 之菌絲變形，以至於分解，而減少百合受 *R. solani* 感染所引起之病害。聖誕紅幼苗浸泡或施用拮抗性細菌，如 *Pseudomonas phenazium*、*B. subtilis*或*B. insolitus*，可以有效防治由 *R. solani*、*Pythium aphanidermatium*、*Pythium splendens*，所引起之根、莖基部腐敗病，提升促進其扦插苗存活力。葡萄之炭疽病、晚腐病、莖腐病、日日春之疾病、蕃茄之早疫病、白花芥藍黑斑病，可以施用 *B. brevis*、*B. subtilis var. globigii*、*B. cereus*、*Bacillus* sp.及*Burkholderia gladioli* 來達到一定程度的效果。

花卉或蔬菜由立枯絲核菌或腐霉病菌所引起之猝倒病或根腐病，若施用超寄生真菌 *Gliocladium virens*，則可達到顯著的防治效果，而 *Gilocladium catenulatum* 能用於防治 *Rhizoctonia, Pythium, Botrytis, Didymella* 所引起的作物葉部、根部及果實之病害。目前具有拮抗功能之真菌為 *Trichoderma*、*Gliochadium*、*Coniothyriu*、*Penicillium*、*Pythium*、*Schizophyllum* 等，至少有 22 種。

四、防治雜草之生物性製劑：

一般而言，防治雜草之生物性製劑，皆為真菌性製劑為主。例如商品名為 De Vine（病原 *Phytophthora palmivora*）、Collego（病原 *Colletotrichum gloeosporiodes* f. sp. *aschynomene*）及 De Vine（病原 *Phytophthora palmivora*），可以用來防治柑桔園或大豆田之雜草；以銹病菌 *Puccinia chondrillina* 可以防治 Skelton weed（*Chondrilla juncea*），而得以控制此種意外入侵之雜草。但是施用生物性殺草劑時，是需要合適的配合條件才能達到較大的效果，例如作物種植面積要大，使用之真菌性殺草劑是絕對寄生菌及高度寄主專一性等。

# 生物性可分解塑膠之開發與利用

傳統塑膠材料輕便、耐用及價格低等優點，是一般農業、工業、商業、醫藥及家庭生活常使用之資材，目前全球各國每年總計約有 1.5 公噸以上塑膠產出。但塑膠性質太穩定不易分解，若掩埋於地下（一般塑膠分解約需200-400年），則不僅需要廣大的空間，會影響土壤本身的物理及化學性質，導致土壤污染。至若隨意丟棄，則灌溉溝渠堵塞，影響田間排水，對環境造成很大負面影響。故累積塑膠廢棄物對農業環境造成之污染問題日趨嚴重，且影響到農田的生產力。

一、生物可完全分解性塑膠的種類：

生物可完全分解性塑膠有 3 大類，為微生物醱酵型塑膠、合成高分子型塑膠及天然高分子型塑膠，茲分述如下：

（一）微生物醱酵型塑膠

聚酯類（polyesters）具有極性鏈結存在於許多自然物質中，由微生物所產生之酵素可將這些鏈結水解，再由微生物對於這些斷鏈分子分加以代謝。聚羥基烷鹽 (polyhydroxyalkanoate) 簡稱 PHA 是細菌儲存碳源及能量的聚酯類，許多微生物當其生長的環境處於碳源過剩並且缺乏某一類營養素，例如氮源、磷或鉀等時， PHA 即被大量累積於菌體內。利用聚羥基烷鹽所合成的塑膠，它的物理性質類似於石化塑膠產品 polypropylene，並且具有生物相容性 (biocomapatible) 、生物可分解性 (biodegradable) 及熱可塑性等重要性質。

（二）合成高分子塑膠

此類生物完全可分解塑膠，有以聚乙烯醇 (PVA) 與聚乙二醇類合成塑膠，聚己內酯合成塑膠，聚乳酸合成塑膠，聚乳酸交酯共聚合物（Polylactide），乙交酯（glycolide）、己內酯（caprolactone）、內酯（lactone）等單體與乳酸交酯單體共聚合成聚乳酸交酯共聚物 (Polylactide) 之塑膠，以各種二元醇和二元酸進行縮聚合反應合成的塑膠。

（三）天然高分子合成塑膠

在自然界中有許多的天然高分子材料，例如木材中的纖維素 (cellulose)，馬鈴薯、玉米含有大量澱粉 (starch) 、甲殼類動物中如螃蟹或昆蟲的外殼的幾丁質等，皆可用來作為生物分解性塑膠的材料，由於這些材料廣泛存在於大自然中，可以提供無限的原料作為分解性材料。

二、可分解性塑膠在農業上的用途：

可分解性塑膠在農業上的用途有（一）緩效性肥料及農藥之包裹膜原料，（二）利用於製造種子帶，（三）製成可分解有機質肥袋，（

四） 農藥的包裝袋，（五） 用於可分解栽培盆、樹苗護根套、及包紮植物根部的分解膜，（六） 可分解性繩與捆紮帶，（七） 應用於草坪與林地之綠化，（八） 蔬果之套袋，（九） 作物得夾子與標示牌。分別如下所述：

（一）緩效性肥料及農藥之包裹膜原料：

生物完全可分解性塑膠可應用於肥料或殺蟲劑之膠囊化原料，先以微膠囊之緩效性肥料及農藥施入土壤或施用於作物，則在作物生長過程中，微膠囊內之肥料或農藥能均勻而緩慢的釋出，而達成均勻釋放肥料或延長殺蟲與殺菌劑之殺虫與殺菌的期效。

（二）利用於製造種子帶

利用聚氨基葡萄糖及纖維素經添加澱粉後產製生物分解膜，可以用於農用種子帶及水槽農法之孢子袋栽培；國內已有公司從日本引進機械製造種子帶應用於牛蒡的種植等。

（三）製成可分解有機質肥袋或垃圾袋

目前國內之肥料袋皆為不可分解之塑膠袋，而生物性可分解塑膠若用於製造為肥料袋或垃圾袋，則可以於使用後資源回收，運送至堆肥場進行醱酵製成。

（四）農藥的包裝袋

水溶性之農藥包裝袋，可以聚乙烯醇類化合物 (polyovinyl alcolol) 當做材料而製成，於短時間內即可溶解。在民國 70 年，國外已有此種農藥包裝袋生產上市，國內臺灣汽巴嘉基公司已在 80 年代時由瑞士引進，此種包裝袋，操作方便且省時省工，使用後無包裝容器廢棄物的問題，又可保護噴藥者的安全。

（五）用於可分解栽培盆、樹苗護根套、及包紮植物根部的分解膜

聚己內酯生物分解塑膠栽培容盆，埋在土壤中經六個月後失重率達 48% ，一年內失重率達 95％ 。瑞士 Belland 公司開發出包紮植物根部的分解膜，於接觸肥料溶液時即會逐漸分解。此外在德國也已有廠商利用 Biotec 公司生產之生物分解樹脂產製移植缽。美國森林服務局採用聚己內酯生物分解塑膠所做作之樹苗護根套，再利用槍彈發射到山上，可保護作物初期之生長，然後於土壤中自然分解消失。聚己內酯生物分解塑膠栽培容盆，經由自動化機械進行樹苗栽植，埋在土中六個月栽培盆失重率達 48 % ，一年內失重率達 95％ 。瑞士 Belland 公司開發出包紮植物根部的分解膜，包紮膜接觸肥料溶液時即會逐漸分解。此外在德國也已有廠商利用 Biotec 公司生產之生物分解樹脂產製花卉移植缽。

（六）可分解性繩與捆紮帶

荷蘭 Wageningen之Proterra 公司運用聚乳酸（PLA）生物分解塑膠或黃麻與天然的捆紮物產製生物可分解性分解繩子，利用於栽培番茄、小黃瓜、甜椒等作物，可以於一年以內分解掉。

（七）應用於草坪與林地之綠化

日本鐘紡公司採用聚乳酸產製生物分解纖維，運用於林地及草坪綠化，將生物分解纖維網及不織布鋪於想要綠化的地區，隨後將種子撒播或噴施其上，可以固定植株根部外，在植株成長後此些生物分解纖維網及不織布會自然分解。

（八）蔬果之套袋

蔬果在消費者購買後，套袋便變為廢棄物，若採用生物性可分解塑膠袋，可以資源回收利於產製堆肥，不會造成環境的汙染。

（九）作物得夾子與標示牌

利用生物分解塑膠聚乳酸（PLA）能用於開發植物標示牌，於 3 年內即可分解期；此外可開發為不同型式之生物分解嫁接夾，用於番茄、小黃瓜及甜椒之栽培。

三、可分解塑膠之國內外發展情形：

日本工業界也普遍認為經由生物分解敷蓋膜的量產，暨成本的下降生物分解敷蓋膜在日本市場至少將擴張 5-10 倍。 2010 年日本國內生物分解塑膠市場年需求量將達 100,000 公噸，會取代現有傳統塑膠市場的 10％ 。

2005 年，生物分解塑膠之市場總需求量約為 18 萬 7 千公噸，以歐洲之需求量較多，在農業上的需求所佔的比例約為 40.1％ 。生物可分解塑膠可取代傳統塑膠的國內市場潛力，每年約有60萬公噸，其市場價值高達1320億元。